

**Підсекція №4. Інноваційні технології****В.М. Кошова**, кандидат технічних наук,**Т.В. Коломієць**, магістр, Національний університет харчових технологій,**Л.Р. Решетняк**, кандидат технічних наук,

Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна

**Динаміка фізіологічних показників різних рас пивних дріжджів в процесі головного бродіння**

У пивоварінні застосовують спеціальні раси дріжджів, культивовані у певних виробничих умовах, під впливом яких формується тип пива і його якість. Для виробництва пива важливе значення мають морфолого-біохімічні та фізіологічні властивості дріжджів та умови їх життєдіяльності. [1,2,3]

**Головною метою дослідження** було підібрати оптимальну концентрацію дріжджових клітин та відповідну расу дріжджів для зброджування пшеничного пива, дослідити вплив різних рас дріжджів на фізико-хімічні показники бродіння та швидкість (динаміку) зброджування.

Для зброджування було взято охмелене 11,0% сусло, виготовлене із суміші ячмінного і пшеничного солодів, зброджування якого проводили у лабораторних умовах кафедри біотехнології продуктів бродіння і виноробства НУХТ.

Для дослідження було обрано три раси пивних дріжджів низового бродіння - німецька раса Saflager W 34/70 (сухі), Німецька (рідкі), Датська (рідкі).

Від норми введення дріжджів залежить швидкість бродіння і їхній ріст. При дуже високих нормах закладки дріжджів, у пиві з'являється гіркота і неприємний аромат, а при низьких - процес головного бродіння затухає. Тому задачею даної роботи було підібрати оптимальну дозу і расу дріжджів для зброджування пивного сусла, виготовленого із суміші ячмінного і пшеничного солодів і рекомендувати їх для мініпивзаводів. При проведенні дослідів вносили дріжджі у концентраціях 0,5-1,5 см на 100 см<sup>3</sup> пивного сусла.

Зброджування пивного сусла проводили у лабораторних умовах. Тривалість головного бродіння складала 7 діб. Кожної доби (по мірі необхідності) відбиралися проби та проводилося їх мікроскопіювання для оцінки кількості брунькуючих, мертвих клітин та вмісту глікогену, як резервної речовини. Результати наведені у табл. 1 - 3 у процентних співвідношеннях.

Дріжджі, розвиваючись у поживних середовищах без доступу кисню, здійснюють зброджування цукру з утворенням етанолу і CO<sub>2</sub>.

В нормальних умовах вони розмножуються брунькуванням і лише іноді спороутворенням. Розмноженню кожної клітини передують ділення клітинного ядра. При проведенні дослідів спороутворення нами не було виявлено.

Молоді дріжджові клітини в процесі головного бродіння поглинають азотисті сполуки, щоб мати змогу брунькуватися. Вони стають багатші білками, плазма їх стає «маслянистою». Такі «білкові дріжджі» мають декілька маленьких вакуолей, каплі жиру відсутні, глікогену присутні тільки сліди. [1,3,4]

Здатність дріжджів до розмноження ми визначали за кількістю клітин, що брунькуються, які підраховували під мікроскопом у 10 полях зору, а потім вираховували середнє значення, і подавали його у відсотках.[2]

Таблиця 1 – Зміна фізіологічних показників Німецької раси в процесі головного бродіння

Доба головного бродіння	Концентрація дріжджів см <sup>3</sup> /100 см <sup>3</sup>	Фізіологічні показники		
		<i>Кількість клітин, що брунькуються, %</i>	<i>Кількість мертвих клітин, %</i>	<i>Кількість клітин з глікогеном, %</i>
3	0,5	42,00	0,66	-
	1,0	44,10	0,71	-
	1,5	46,50	0,82	-
4	0,5	57,12	0,92	43,13
	1,0	59,22	1,20	45,90
	1,5	61,13	1,23	48,22
5	0,5	46,00	1,31	55,10
	1,0	48,16	1,34	58,12
	1,5	49,90	1,37	60,34
6	0,5	30,11	1,35	48,36
	1,0	32,67	1,37	51,45
	1,5	35,01	1,39	53,55
7	0,5	19,34	1,45	49,11
	1,0	23,24	1,49	52,10
	1,5	25,12	1,52	54,00

Як видно з табл.1 на п'яту добу головного бродіння припадає найбільший приріст біомаси, особливо там, де більша їх концентрація. При концентрації дріжджів 1,0-1,5 см /100см<sup>3</sup> кількість брунькуючих клітин знаходиться в межах 48,16-49,90 %. На кінець головного бродіння настає фаза уповільнення росту, яка виникає внаслідок скупчення у середовищі метаболітів і зниження концентрації цукрів. Тому кількість брунькуючих клітин знизилась до 25,12% при найбільшій концентрації.

Глікоген - головний резервний полісахарид дріжджів. Він відіграє важливу роль у перетвореннях вуглеводів і забезпечує можливість тривалого росту і розмноження дріжджів у несприятливих умовах. Для збереження своєї життєдіяльності в умовах відсутності харчування дріжджова клітина переходить на запасне енергетичне джерело, що знаходиться в ній самій, використовуючи глікоген. Вгодованість дріжджів ми визначали / шляхом забарвлення розчином Люголя, підрахунок робили у 10 полях зору і виражали середнє значення у відсотках. Тому, в кінці головного бродіння, кількість клітин з глікогеном зменшується і знаходиться в межах 49,11-54,00%. В останній фазі, в фазі затухання росту, діяльність дріжджових клітин помірно знижується внаслідок збіднення поживного середовища і накопичення в ньому продуктів метаболізму. Клітини відмирають і настає автоліз.[3]

Для аналізу ми використовували метод забарвлення клітин розчином метиленового синього з рН 4,6 за Фініком. Кількість мертвих клітин у всіх зразках не перевищує 1,52%, що знаходиться в межах допустимого.

В табл.2 наведено дані, які були отримані в результаті досліджень зміни фізіологічних показників Датської раси в процесі бродіння.

Таблиця 2 – Зміна фізіологічних показників Датської раси в процесі головного бродіння

Доба головного бродіння	Концентрація дріжджів $\text{см}^3/100$ $\text{см}^3$	Фізіологічні показники		
		<i>Кількість клітин, що брунькуються, %</i>	<i>Кількість мертвих клітин, %</i>	<i>Кількість клітин з глікогеном, %</i>
2	0,5	40,44	0,55	: -
	1,0	42,85	0,70	-
	1,5	46,10	0,72	-
4	0,5	56,46	1,2	41,14
	1,0	58,23	1,27	44,32
	1,5	60,17	1,31	46,18
5	0,5	37,14	1,50	57,37
	1,0	38,10	1,63	61,48
	1,5	39,22	1,78	68,48
6	0,5	20,43	1,53	49,70
	1,0	21,10	1,71	52,71
	1,5	21,89	1,79	55,25
7	0,5	16,91	1,65	52,10
	1,0	17,22	1,84	53,71
	1,5	19,14	1,91	54,25

З табл. 2 видно, що на четверту добу головного бродіння припадає найбільший приріст біомаси, особливо там, де концентрація дріжджів становить  $1,0-1,5 \text{ см}^3 / 100 \text{ см}^3$ , кількість брунькуючих клітин знаходиться в межах 58,23 -60,17%, а на сьому добу кількість клітин, що розмножуються зменшується до 17,22-19,14% при концентрації дріжджів  $1,0-1,5 \text{ см}^3/100 \text{ см}^3$ . Кількість мертвих клітин у порівнянні з Німецькою расою збільшилась на 0,39 % . Найбільший вміст глікогену накопичився у клітинах на п'яту добу головного бродіння, а саме велика кількість його знаходиться там, де більша концентрація. До кінця головного бродіння його вміст зменшується, бо дріжджова клітина переходить на запасне поживне джерело за рахунок збіднення поживного середовища.

Таблиця 3 – Зміна фізіологічних показників раси *Saflager W 34/70* в процесі головного бродіння

Доба головного бродіння	Концентрація дріжджів $\text{см}^3/100$ $\text{см}^3$	Фізіологічні показники		
		<i>Кількість клітин, що брунькуються, %</i>	<i>Кількість мертвих клітин, %</i>	<i>Кількість клітин з глікогеном, %</i>
3	0,5	39,10	0,50	-
	1,0	41,09	0,72	-
	1,5	43,50	0,75	-
4	0,5	41,12	1,51	43,13
	1,0	44,22	1,59	45,90
	1,5	45,13	1,63	48,22
5	0,5	33,16	2,1	55,10
	1,0	39,87	2,24	58,12
	1,5	41,90	2,30	60,34
6	0,5	29,11	2,17	55,36
	1,0	36,67	2,26	56,45
	1,5	38,01	2,31	58,55
7	0,5	20,34	2,20	49,11
	1,0	23,24	2,29	43,10
	1,5	26,12	2,37	45,00

На більшості мініпивзаводів для спрощення процесу розведення дріжджових культур і зброджування пивного сусла використовують сухі пивні дріжджі, отримані за ксерорезистентною технологією, які в процесі виробництва втрачають більш ніж 20% своєї активності. Сухі дріжджі стають пилоподібними. Після перших кількох генерацій можуть стати пластівцеподібними, але швидко дегенерують, втрачають чистоту і підлягають заміні, тому їх використовують одноразово, що призводить до збільшення витрат.

З табл.3 видно, що найкраще дріжджі розмножуються на четверту добу головного бродіння. При концентрації дріжджів  $1,0-1,5 \text{ см}^3/100\text{см}^3$  кількість брунькуючих клітин знаходиться в межах 44,22- 45,13%, що значно менше у порівнянні з Датською та Німецькою расою, а при найменшій концентрації їх

кількість становить 41,12%, що також значно мало. Кількість мертвих клітин при концентрації  $1,5 \text{ см}^3/100\text{см}^3$  становить 2,37%.

З табл. 1-13 видно, що ріст і розмноження дріжджів в початковий період головного бродіння протікають у вигляді подібної кривої росту, яка характерна для багатьох мікроорганізмів (рис.1).

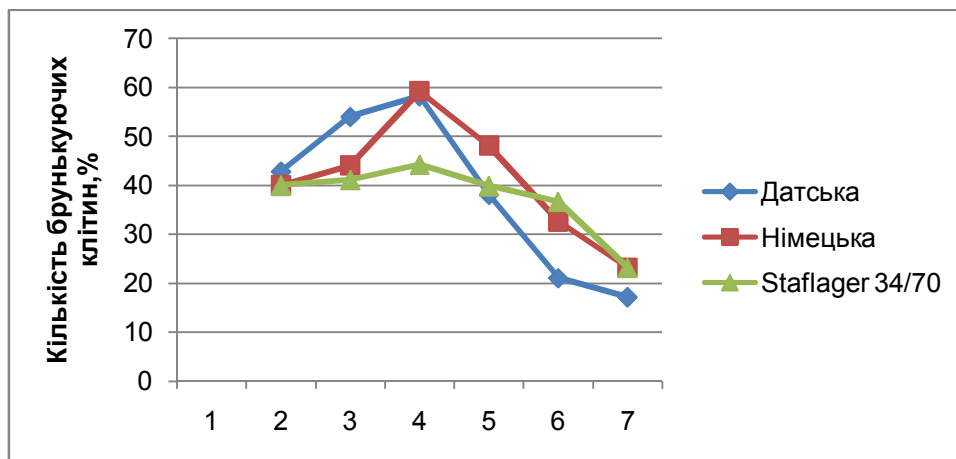


Рис.1. Крива росту дріжджів рас Saflager W 34/70, Німецької та Датської при концентрації  $1,0 \text{ см}^3/100 \text{ см}^3$ .

В лаг-фазі видимі ознаки розмноження дріжджів відсутні. Тривалість цієї фази становить 1-1,5 доби, тому наші дослідження ми починали на 2-гу добу головного бродіння. В лаг-фазі ріст клітин найбільш інтенсивний, швидкість брунькування найбільш швидка. Саме тут спостерігається найбільший приріст біомаси. Кращу здатність до розмноження проявили дріжджі взяті у концентраціях  $1,0-1,5 \text{ см}^3$ . За швидкого розмноження розміри клітин помітно зменшуються. У стаціонарній фазі ріст дріжджів повільно зменшується, і до її кінця кількість живих клітин залишається без змін. Дріжджові клітини збільшились, бо почалося спиртове бродіння, розмноження значно уповільнилось, тому що зменшується кількість екстракту і проходить накопичення спирту.

Кількість мертвих клітин не перевищувала 2,37%, що знаходиться в межах допустимого. Велика їх кількість може спричинити уповільнення бродіння, сприяти автолізу і розвитку сторонньої мікрофлори.

## Висновки .

1. Найкращими для зброджування пивного сусла є дріжджі рас Німецької та Датської.
2. Оптимальною концентрацією дріжджів, для зброджування пивного сусла є норма 1,0-1,5 см<sup>3</sup> на 100 см<sup>3</sup>.
3. Найбільша кількість брунькуючи клітин припадає на четверту добу головного бродіння.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Ермолаева Г.А. Брожение пивного сусла/ Г.А. Ермолаева // Пиво и напитки.-2009.-№7-С.25-27.
2. Ермолаева Г.А. Технология и оборудование производства пива и безалкогольных напитков./ Г.А. Ермолаева, Р.А. Колчева. - М.: ИРПО, Издательский центр «Академия»,2000. - 416 с.
3. Карпенко Д.В. Влияние режима сбраживания пивного сусла на содержание этанола в молодом пиве. / Д.В. Карпенко // Пиво и напитки.-2001.-№3-С.40-42.
4. Кунце В. Технология солода и пива/В. Кунце. – СПб.: Профессия, 2003. – 912 с.